

10/534635

REC'D 16 SEP 2004
WIPO #2 PCT

PCT/JP2004/010197

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

29.07.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 1 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 2 7 5 5 2 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 2 7 5 5 2 0]

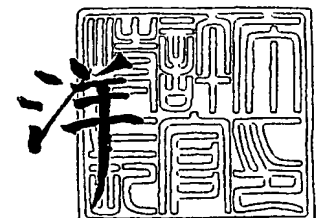
出 願 人 日 本 電 信 電 話 株 式 会 社
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 9 月 2 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 7 8 7 5 5

【書類名】 特許願
【整理番号】 NTTH155496
【提出日】 平成15年 7月16日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 6/12
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 今井 欽之
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 藤浦 和夫
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 下小園 真
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 豊田 誠治
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 笹浦 正弘
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 松浦 徹
【特許出願人】
 【識別番号】 000004226
 【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100077481
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 谷 義一
【選任した代理人】
 【識別番号】 100088915
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 阿部 和夫
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 013424
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9701393

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

KTN ($\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$) 又は該 KTN の構成元素の一部を他元素で置換し、前記 KTN と同じ結晶構造を有する物質からなる光導波路材料であって、Zr、Hf、Sn のうち、少なくとも一つの元素を含むことを特徴とする光導波路材料。

【書類名】明細書

【発明の名称】光導波路材料

【技術分野】

【0001】

本発明は、光導波路材料に関し、より詳細には、光通信用の光導波路デバイスなどに使用する光導波路材料に関する。

【背景技術】

【0002】

屈折率の高い物質を、それよりも屈折率の低い物質で囲んだ構造物は、高屈折率領域の近傍に光エネルギーを閉じ込めて伝搬させる、いわゆる光導波路として、光通信を始めとしてさまざまな光部品へと応用されている。屈折率の高い部分をコア、低い部分をクラッドまたはクラディングと称している。

【0003】

タンタル酸ニオブ酸カリウム、すなわち $\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ （以下、KTNという）は、電界を印加することによって屈折率が変化する現象である電気光学効果が非常に大きい結晶材料である（例えば、特許文献1参照）。また、組成が変わると屈折率も変わるため、組成を変えてクラッドとコアを作製することにより、光導波路を構成することができる。

【0004】

KTNを用いた光導波路は、適当な電極を設けることにより、電気光学効果によって伝搬する光の位相を変調することができるため、開発が先行している LiNbO_3 の場合と同様に、光変調器などの光部品を作製することができる。

【0005】

しかし、 LiNbO_3 と比べると電気光学効果が著しく大きいことから、動作電圧が低いなど、より高い性能の光部品が得られるという利点がある。また、KTNのKの一部をLiで置換した $\text{K}_{1-y}\text{Li}_y\text{Ta}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$ （以下、KLTNという）も、KTNと同じ結晶構造を持ち、KTNよりも大きい電気光学効果を持つ有望な材料である。

【0006】

【特許文献1】特開2003-35831号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上述したKTN及びKLTNは、TaとNbとの比を変えることによって屈折率が変わると同時に、電気光学係数や誘電率が変化する。このため、これらのパラメータを独立に変化させて、光部品の特性を最適化することが困難であった。

【0008】

例えば、光導波路素子の高性能化のため、コアとクラッドとの屈折率の差を0.011以上にすると、両者の誘電率も大きく違ってしまうため、光導波路に有効に電界を印加することが出来ず、大きな電気光学効果を十分に活かした光部品を作製することができなかった。

【0009】

本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、TaとNbとの比を変えることなく、屈折率を変化させることのできる光導波路材料を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、このような目的を達成するためになされたもので、請求項1に記載の発明は、KTN ($\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$) 又は該KTNの構成元素の一部を他元素で置換し、前記KTNと同じ結晶構造を有する物質からなる光導波路材料であって、Zr、Hf、Snのうち、少なくとも一つの元素を含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

以上説明したように、本発明によれば、 KTN ($\text{KTa}_{1-x}\text{Nb}_x\text{O}_3$) 又はこの KTN の構成元素の一部を他元素で置換し、 KTN と同じ結晶構造を有する物質からなる光導波路材料であって、 Zr 、 Hf 、 Sn のうち、少なくとも一つの元素を含むようにしたので、 KTN あるいは KLTN の屈折率を大幅に低下させることができ、その結果、これらの単結晶を用いた光導波路デバイスの設計自由度が広がり、動作電圧や帯域などの性能を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明の実施の態様について説明する。

図1は、本発明の光導波路材料が適用される光導波路の構成を示す斜視図である。基本構造として、光導波路としてリッジ型光導波路、外場印加機構の一例として電極による電界印加する構成を示してある。図中符号1はアンダークラッド層である基板、2は基板1よりも屈折率の高いコア、3は光入力信号、4は電極、5は光出力信号、6はコアを覆い、コア2よりも屈折率の低いオーバクラッド層（カバー層）を示している。アンダークラッド層1、コア2、オーバクラッド層6は、すべて KTN からなるように構成されている。

【0013】

このような構成により、光入力信号3は、コア2を伝搬する。コア2は、電極4によって印加された外部電圧信号による屈折率変化を生ずる。これにより、伝搬する光信号は、コア2を通過する際、位相が変調される。変調を受けた光信号は、光出力信号5として外部に取り出される。

【0014】

この構成の光導波路においては、本発明の光導波路材料は、アンダークラッド層1又はコア2又はオーバクラッド層6を構成させることができ、 KTN 又はこの KTN の構成元素の一部を他元素で置換し、前記 KTN と同じ結晶構造を有する物質からなる光導波路材料であって、 Zr 、 Hf 、 Sn のうち、少なくとも一つの元素を含むものである。

【0015】

これにより、上述したように、 KTN あるいは KLTN の屈折率を低下させ、その変化分を0.01にも及ぶ大きな値にすることができ、その結果、これらの単結晶を用いた光導波路デバイスの設計自由度が広がり、動作電圧や帯域などの性能を向上させることができる。なお、上述した光導波路の構成は、一例を示したもので、本発明の光導波路材料が、この光導波路の構成のみに適用されるものでないことは明らかである。

【0016】

以下、本発明の光導波路材料についてより具体的に説明する。

微量の添加物を加えることにより、任意の透明媒質の屈折率を制御できることがあるのは、よく知られていることである。ところが、高分子材料やガラス、セラミックスなどでは比較的簡単に添加ができて、単結晶への添加は一般には簡単ではない。大抵の場合は、単結晶が成長するときに、安定な結晶構造を形成することを阻害する不純物が排除されるためである。

【0017】

KTN や KLTN の単結晶は、酸化カリウム (K_2O) をフラックスとして加えて融解し、ゆっくりと冷却することにより、成長させることができる。この結晶に他の元素を添加するには、その元素を前記の原料と共に融解して、その融液から結晶を成長させるのが通例である。

【0018】

融液中の添加物のモル濃度 X に対する結晶中の添加物のモル濃度 x の比率 $k = x/X$ を偏析係数と称しているが、前述のように大抵の不純物は結晶中に取り込まれにくく、 k は非常に小さい。例えば、銅 (Cu) を添加する場合、条件にもよるが、 k は 10^{-3} から

10^{-2} 程度である。このことが主たる原因で、屈折率を0.001以上(0.05%以上)変化させることは難しい。一般的に、ある透明媒質にどの添加物を取り込まれやすく、また、屈折率変調に効果があるかを予測することは簡単ではない。

【0019】

本発明の発明者らは、ジルコニウム(Zr)、ハフニウム(Hf)、錫(Sn)は、他の添加物と比較してはるかにKTNまたはKLTN系材料の単結晶に非常に取り込まれやすく、偏析係数 k は1を越えていることを見出した。このため、これらの元素を添加すると、0.01にも及ぶ大きな屈折率低下を起こすことができる。

【0020】

KLTNを含むKTN系導波路材料の屈折率は、約2.2であるから、この屈折率変化は、比率では0.5%になる。これは、一般的な光導波路でのコークラッド間の屈折率差と同程度である。つまり、TaとNbとの比を変えなくても、この発明を実施することで、十分に光導波路の屈折率を制御することが可能で、誘電率などの電氣的性質と同時に最適化したデバイスを作製することが可能となる。

【実施例】

【0021】

炭酸カリウム(K_2CO_3)と酸化タンタル(Ta_2O_5)の粉末をモル比3:2で混合し、白金るつばに充填、電気炉にて1400℃まで加熱して十分に反応させた後、800℃まで10日間で徐冷して、KTNの一種であるKTaO₃の結晶を析出させた。

【0022】

取り出した単結晶の屈折率は、波長1550nmで2.1542であった。また同時に、同様に炭酸カリウムと酸化タンタルを混合した粉末に、モル比1%のZrO₂を混合したものから、同様に成長させたKTaO₃単結晶の屈折率を測定したところ、同じ波長での屈折率は2.1407であった。これにより、0.0135の屈折率差をつけることができた。なお、Zrの偏析係数は2.6であった。

【0023】

次に、ZrO₂を1mol.%添加した原料から析出させた単結晶をスライスして基板とし、この上に何も添加しないKTaO₃単結晶からなる光導波路コア部を形成し、さらにそれを覆うようにZrO₂を1mol.%添加したKTaO₃単結晶の膜を成長させて光導波路のクラッドとした。作製した光導波路は、設計どおり、コア周辺に光を閉じ込めて伝播させることができた。

【0024】

また、原料中の酸化タンタルの一部を酸化ニオブ(Nb₂O₅)に置換して、結晶成長を行った。その結果、どの組成でも、ZrO₂を1mol.%添加した場合は、屈折率が概ね0.01低下した。さらに、ニオブによる置換と同時に、炭酸カリウムの一部を炭酸リチウムで置き換えた場合でも、ZrO₂の1mol.%添加によって屈折率を概ね0.01低下させることができた。

【0025】

さらに、同様なことをZrO₂の代わりにHfO₂で行ったところ、0.1mol.%の添加で0.015の屈折率に低下させることができた。また、SnO₂の場合は、同じ添加量で0.006だけ屈折率を低下させることができた。

【0026】

図2は、添加量0.2mol.%のときに得られる結晶の屈折率を示す図である。この図2から明らかなように、他の添加物は殆どKTNの屈折率を変化させることができないが、ZrO₂、SnO₂、HfO₂においては、効果的に屈折率が低下していることが分かる。

【産業上の利用可能性】

【0027】

本発明は、光通信用の光部品などに使用する光導波路材料に関し、TaとNbとの比を変えることなく、屈折率を変化させることのできる光導波路材料を提供することができる

。また、これらの単結晶を用いた光導波路デバイスの設計自由度が広がり、動作電圧や帯域などの性能を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】 本発明の光導波路材料が適用される光導波路の構成を示す斜視図である。

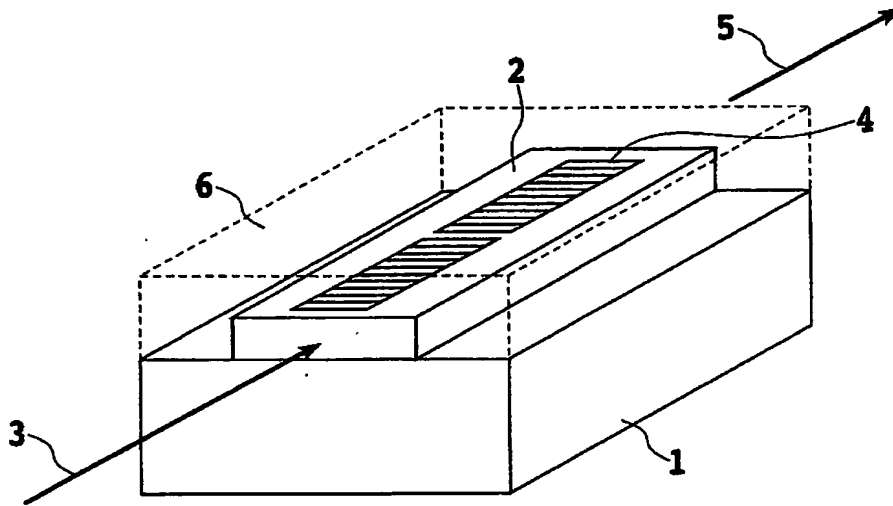
【図2】 添加量 0.2 mol % のときに得られる結晶の屈折率を示す図である。

【符号の説明】

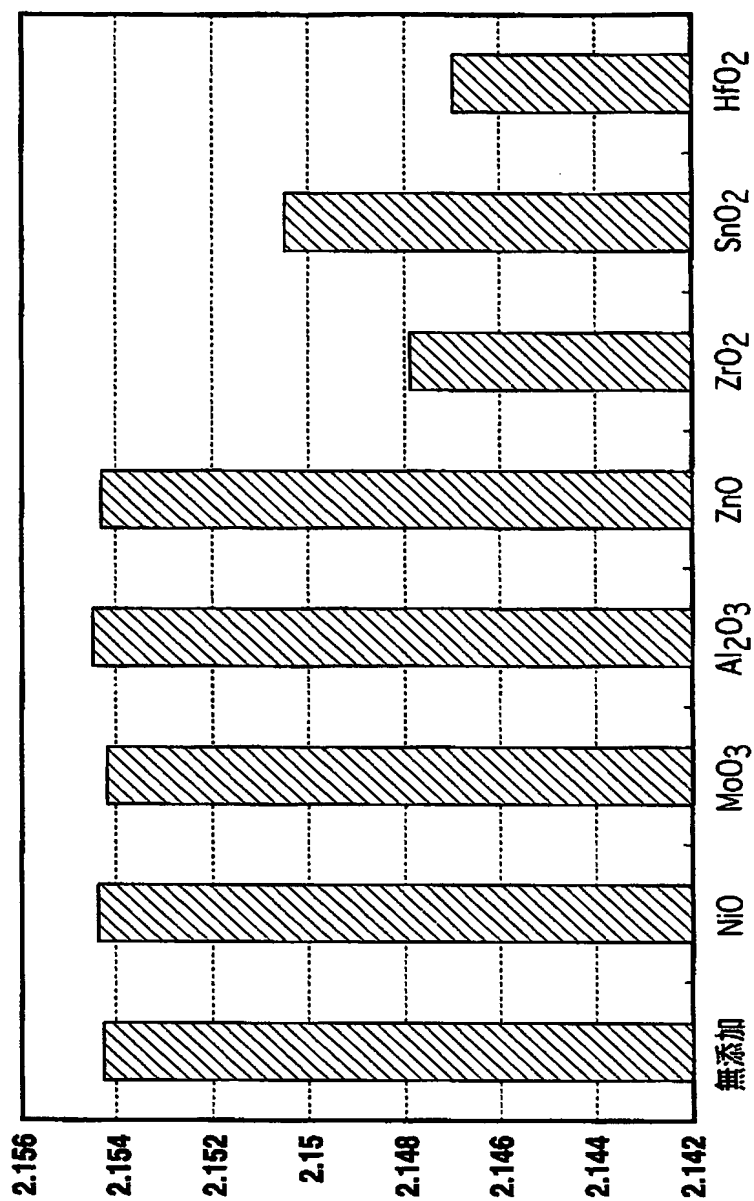
【0029】

- 1 アンダークラッド層である基板
- 2 コア
- 3 光入力信号
- 4 電極
- 5 光出力信号
- 6 オーバクラッド層（カバー層）

【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



添加量 0.2 mol.% のときに得られる結晶の屈折率

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 Ta と Nb との比を変えることなく、屈折率を変化させることのできる光導波路材料を提供すること。

【解決手段】 本発明の光導波路材料は、アンダークラッド層 1 と、このアンダークラッド層 1 上に形成され、アンダークラッド層 1 よりも屈折率の高いコア 2 と、このコア 2 を覆い、コア 2 よりも屈折率の低いオーバクラッド層 6 とからなる光導波路のコア 2 に用いられるもので、このコア 2 として、 $KTN (KTa_{1-x}Nb_xO_3)$ 又は KTN の構成元素の一部を他元素で置換し、 KTN と同じ結晶構造を有する物質からなり、 Zr 、 Hf 、 Sn のうち、少なくとも一つの元素を含むものである。 KTN 又は $KL TN$ の屈折率を大幅に低下させることができ、光導波路デバイスの設計自由度が広がる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 7 5 5 2 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1. 変更年月日	1 9 9 9 年 7 月 1 5 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号
氏 名	日本電信電話株式会社